

Для получения СЭМ изображений применялся микроскоп Zeiss Sigma VP, при следующих параметрах – ускоряющее напряжение 1 кВ, вакуум  $5 \cdot 10^{-5}$  мБар, детектор вторичных электронов. Для анализа полученных изображений была использована программа SIAMS Photo Lab, позволяющая загрузку изображений и измерение диаметра пор как в автоматическом, так и в ручном режиме. Было исследовано более 1500 пор для каждого из образцов (а, б), полученных при разных режимах, и построены распределения пор по размерам. Установлено, что размер пор лежит в диапазоне от 175 до 450 нм и от 150 до 320 нм, а максимальная концентрация пор соответствует размерам 250 и 230 нм, для образцов, (а) и (б) соответственно.

В результате выполнения данной работы были получены и проанализированы изображения анодного оксида алюминия. Были построены распределения пор по размерам, установлены размеры пор с максимальной концентрацией, а также граничные значения распределений.

1. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные Наноматериалы (2010)

## **МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОШКОВ СПЛАВА Mn-Al**

Волков К.Д.\*, Тарасов Е.Н., Зинин А.В., Первушина А.С.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [volkovkd@rambler.ru](mailto:volkovkd@rambler.ru)

## **MAGNETIC PROPERTIES OF ULTRAFINE POWDERS ALLOY Mn-Al**

Volkov K.D.\*, Tarasov E.N., Zinin A.V., Pervushina A.S.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Manganese-aluminum alloys has been prepared by induction melting in argon atmosphere. Ferromagnetic phase at these alloys was obtained by annealing in the temperature range 673-773 K. High coercivity state were produce by high-energy ball mill – «attritor». The final annealing was carried out to restore the ferromagnetic phase.

В настоящее время, из-за резкого увеличения цен на редкоземельные металлы, началось активное исследование магнитных и гистерезисных свойств безредкоземельных постоянных магнитов (ПМ) на основе Mn–Al. Данные соединения не содержат дорогих и дефицитных элементов, отличаются высокой коррозионной стойкостью, малым удельным весом (около  $5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>) и высокой коэрцитивной силой. [1]

В системе Mn–Al ферромагнитными свойствами обладает только  $\tau$  фаза с гранецентрированной тетрагональной кристаллической решеткой, упорядоченной по типу CuAuI. Для сплава, полностью состоящего из  $\tau$  – фазы значение

максимального энергетического произведения  $(BH)_{теор. max} = 96 \text{ кДж/м}^3 \sim 12 \text{ МГсЭ}$  [2], что превышает характеристики серийно выпускаемых ПМ из сплавов Альнико и бариевого феррита.

В связи с тем, что основным механизмом образования высококоэрцитивного состояния в сплавах системы  $\text{Mn}-\text{Al}$  является деформация, в данной работе было исследовано влияние высокоэнергетического размола на гистерезисные свойства сплава  $\text{Mn}_{55}-\text{Al}_{45}$ .

Для получения  $\tau$  фазы исследуемого сплава проводили отжиг в диапазоне температур  $673 - 773 \text{ К}$  в вакууме. Механический размол производился в высокоэнергетической шаровой мельнице типа «Аттритор» в спирте, со скоростью вращения мешалки –  $4000 \text{ об/мин}$ . При этом уже после 15 минут размола наблюдается резкое возрастание коэрцитивной силы  $H_c$ , но вместе с этим происходит уменьшение удельной намагниченности  $\sigma$  из-за распада  $\tau$  фазы на стабильные  $\gamma_2$ - и  $\beta$ -фазы, либо из-за разупорядочения  $\tau$  фазы. (см. рис. 1).

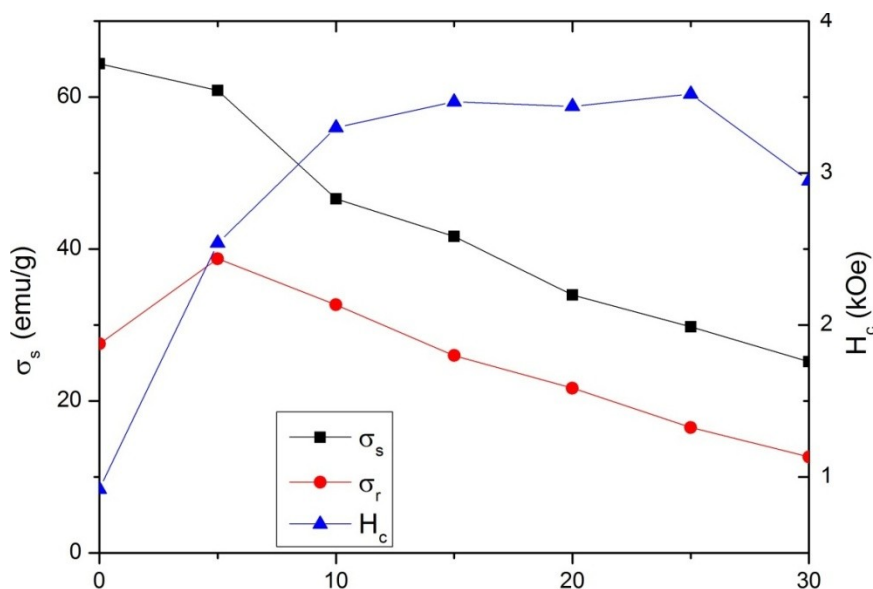


Рис. 1 Зависимости удельной намагниченности насыщения  $\sigma_s$ , удельной остаточной намагниченности  $\sigma_r$  и коэрцитивной силы  $H_c$  от времени размола сплава  $\text{Mn}_{55}-\text{Al}_{45}$ .

Для восстановления магнитной структуры  $\tau$  фазы был проведен отпуск в диапазоне температур  $723-773 \text{ К}$ , по результатам которого было установлено практически полное восстановление  $\sigma$ , при этом  $H_c$  практически не изменилась и даже незначительно выросла.

*Работа была выполнена при поддержке Государственного контракта УрФУ № 1362.*

1. Шангуров А.В., Тейтель Е.И., Ермаков А.Е., Уймин М.А., ФММ, 60 (6), 1171-1176 (1985).
2. Кекало И.Б., Самарин Б.А., Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами. Металлургия (1989).